

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION  
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété  
Intellectuelle  
Bureau international



(43) Date de la publication internationale  
6 décembre 2001 (06.12.2001)

PCT

(10) Numéro de publication internationale  
**WO 01/93412 A2**

(51) Classification internationale des brevets<sup>7</sup> : H02M 7/48

(72) Inventeurs; et

(21) Numéro de la demande internationale :

PCT/FR01/01613

(75) Inventeurs/Déposants (pour US seulement) : GATEAU, Guillaume [FR/FR]; 1, ch. de l'église, F-31570 Saint Pierre de Lages (FR). MEYNARD, Thierry, Antoine [FR/FR]; 24, rue du Grand Duc, F-31240 L'Union (FR). FOCH, Henri, Simon, Jacques [FR/FR]; 78, avenue Maignan, F-31200 Toulouse (FR).

(22) Date de dépôt international : 23 mai 2001 (23.05.2001)

(25) Langue de dépôt : français

(74) Mandataire : JACOBSON, Claude; Cabinet Lavoix, 2, place d'Estienne d'Orves, F-75441 Paris Cedex 09 (FR).

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :

00/06786

26 mai 2000 (26.05.2000) FR

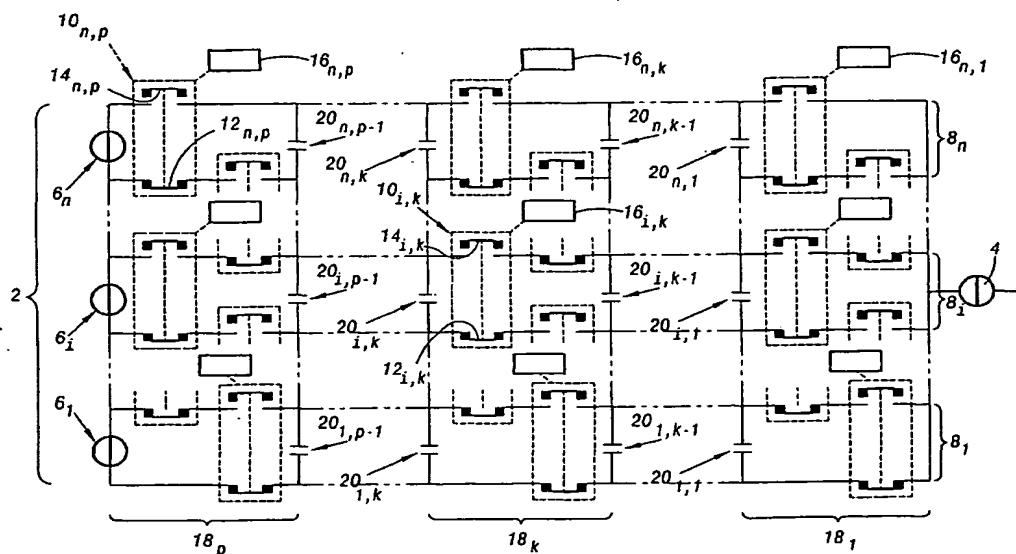
(81) États désignés (national) : AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZW.

(71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) :  
CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE (C.N.R.S.) [FR/FR]; 3, rue Michel Ange, F-75016 Paris (FR).

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: DEVICE FOR CONVERTING MULTICELL ENERGY

(54) Titre : DISPOSITIF DE CONVERSION D'ENERGIE MULTICELLULAIRE



(57) Abstract: The invention concerns a device converting electric power between a voltage source (2) and a current source (4), comprising several stages (8j) of switching cells (10i,k) comprising each two switches (12i,k, 14i,k), capacitors (20i,k) associated with the cells (10i,k) arranged in a row (18k) increasing from current source (4), control devices (16i,k) each connected to a cell (10i,k) and means for monitoring the control devices (16i,k). Said stages (8j) define two end groups and at least an intermediate group of switches, the two end groups comprising switches of each cell belonging respectively to the first and last stage connected in series, the intermediate group comprising pairs of switches (12i,k, 14i,k) of cells belonging to two neighbouring stages connected in series. Furthermore, the capacitors (20i,k, 20n,k) of a common row (18k) are transversely connected in series between the two end groups.

[Suite sur la page suivante]

WO 01/93412 A2



(84) États désignés (*régional*) : brevet ARIPO (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZW), brevet eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), brevet européen (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR), brevet OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

*En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.*

**Publiée :**

— *sans rapport de recherche internationale, sera republiée dès réception de ce rapport*

(57) **Abrége :** Ce dispositif de conversion d'énergie électrique, entre une source de tension (2) et une source de courant (4), comporte plusieurs étages (8<sub>i</sub>) de cellules de commutation (10<sub>i,k</sub>) comportant chacune deux interrupteurs (12<sub>i,k</sub>, 14<sub>i,k</sub>), des condensateurs (20<sub>i,k</sub>) associés aux cellules (10<sub>i,k</sub>) disposés en rang (18<sub>k</sub>) croissant à partir de la source de courant (4), des dispositifs de commande (16<sub>i,k</sub>) connectés chacun à une cellule (10<sub>i,k</sub>) et des moyens de pilotage des dispositifs de commande (16<sub>i,k</sub>). Ces étages (8<sub>i</sub>) définissent deux groupes extrêmes et au moins un groupe intermédiaire d'interrupteurs, les deux groupes extrêmes comprenant des interrupteurs de chaque cellule appartenant respectivement au premier et au dernier étage connectés en série, le groupe intermédiaire comprenant des paires d'interrupteurs (12<sub>i,k</sub>, 14<sub>i-1,k</sub>) de cellules appartenant à deux étages voisins connectés en série. En outre, les condensateurs (20<sub>1,k</sub>, ..., 20<sub>n,k</sub>) de même rang (18<sub>k</sub>) sont connectés transversalement en série entre les deux groupes extrêmes.

Dispositif de conversion d'énergie multicellulaire

La présente invention concerne un dispositif de conversion réversible d'énergie électrique, entre une source de tension continue et une source de courant.

Plus particulièrement, l'invention se rapporte à un tel dispositif  
5 comprenant d'une part des cellules de commutation comportant chacune deux interrupteurs, chacun étant lui-même constitué d'au moins un composant formant interrupteur, d'autre part des condensateurs associés aux cellules de commutation et adaptés pour maintenir entre les bornes homologues des deux interrupteurs de chaque cellule une tension de charge égale à une fraction de la  
10 tension de la source de tension, croissante en fonction de leur rang à partir de la source de courant et les bornes homologues des interrupteurs situées à l'extrémité du dispositif proche de la source de courant étant "court-circuitables", en outre des dispositifs de commande connectés chacun à une cellule de commutation et adaptés pour commander les commutations des deux  
15 interrupteurs de la cellule en leur assurant des états opposés, ainsi que des moyens de pilotage des dispositifs de commande adaptés pour la fourniture d'un signal de référence adapté à la conversion souhaitée.

Un tel dispositif de conversion réversible d'énergie électrique est décrit dans le brevet européen publié sous le n° EP 0 555 432.

20 Il comprend N cellules de commutation, N étant un entier quelconque supérieur ou égal à 2. Chaque cellule est composée de deux interrupteurs qui sont commandés pour présenter des états complémentaires à tout instant. N interrupteurs des N cellules sont connectés en série et constituent une première série du dispositif, les N autres interrupteurs étant connectés en série, formant  
25 une seconde série du dispositif.

Les deux séries d'interrupteurs sont interconnectées, d'une part, par une extrémité commune, à une source de courant, d'autre part, par leurs extrémités opposées, aux bornes d'une source de tension.

A chaque cellule de commutation est associé un condensateur qui est  
30 connecté entre les bornes symétriques des deux interrupteurs de la cellule concernée. La cellule la plus proche de la source de tension peut être associée à un condensateur spécifique dans l'hypothèse où la source de tension n'est pas une source parfaite, en vue de compenser ces imperfections.

Dans le cas contraire, la source de tension, parfaite, joue le rôle de condensateur à l'égard de cette cellule.

Chaque condensateur a pour fonction de maintenir à ses bornes une tension, dite tension de charge du condensateur.

5 Une répartition de ces tensions de charge  $V_{C_k}$  proportionnelle au rang  $k$  de chaque condensateur,  $V_{C_k} = \frac{kV}{N}$ , où  $V$  est la tension aux bornes de la source de tension, garantit aux bornes des interrupteurs bloqués une différence de tension égale à  $\frac{V}{N}$  pour tous les interrupteurs bloqués. Ainsi, chaque condensateur est choisi pour présenter une tenue en tension fonction croissante  
10 de son rang, supérieure à la valeur  $\frac{kV}{N}$ .

Par ailleurs, des logiques de commande peuvent être synchronisées de sorte que l'ondulation de la tension de sortie du dispositif présente une amplitude égale à  $\frac{V}{N}$  et une fréquence égale à  $NF$ , où  $F$  est la fréquence de commutation des interrupteurs des cellules de commutation. Cette tension de sortie est la  
15 tension entre la borne de la source de tension située au potentiel le plus bas et la borne de la source de courant connectée au dispositif de conversion.

Cependant, on assiste aujourd'hui au développement de dispositifs de conversion d'énergie électrique de forte puissance, pour des niveaux de tension de la source de tension de plus en plus élevés. L'augmentation de cette tension  
20 entraîne indirectement une augmentation de la taille des condensateurs du dispositif, ceux-ci devant supporter des fractions de cette tension de plus en plus importantes. Ainsi aujourd'hui, au-delà de 6 kV, le prix et le volume du dispositif tendent à devenir prohibitifs.

L'invention vise à remédier aux inconvénients du dispositif classique  
25 décrit précédemment en créant un dispositif de conversion réversible d'énergie électrique capable d'étendre le domaine d'utilisation des dispositifs de conversion de forte puissance vers des niveaux de tension de plus en plus élevés, tout en permettant une réduction importante de son volume et tout en conservant les propriétés du convertisseur décrit dans la publication n° EP 0 555 432, rappelées  
30 précédemment.

L'invention a donc pour objet un dispositif de conversion réversible

d'énergie électrique du type précité, caractérisé en ce qu'il comporte au moins deux étages montés en parallèle comportant chacun au moins deux cellules et au moins un condensateur, lesdits étages définissant deux groupes extrêmes d'interrupteurs et au moins un groupe intermédiaire d'interrupteurs communs à deux étages successifs, les deux groupes extrêmes comprenant chacun des interrupteurs de chaque cellule appartenant respectivement au premier et au dernier étage connectés en série, le groupe intermédiaire comprenant des paires d'interrupteurs de cellules appartenant à deux étages voisins connectés en série, et en ce que les condensateurs sont connectés transversalement en série entre les deux groupes extrêmes.

Le dispositif de conversion réversible d'énergie électrique selon l'invention peut en outre comporter une ou plusieurs des caractéristiques suivantes :

- le groupe intermédiaire comprend des interrupteurs, connectés en série, de cellules appartenant alternativement à deux étages voisins, lesdits interrupteurs étant unidirectionnels en tension et bidirectionnels en courant ;
- les deux interrupteurs de chacune desdites paires sont connectés en parallèle et sont bidirectionnels en tension et unidirectionnels en courant ;
- les composants formant interrupteurs sont tous identiques et chaque interrupteur est constitué de composants connectés en série dont le nombre est fonction de la tension maximale applicable entre ses bornes ;
- les moyens de pilotage comportent des moyens de traitement du signal de référence pour délivrer en sortie une pluralité de signaux secondaires de référence, et des moyens de transmission de chaque signal secondaire de référence à tous les dispositifs de commande de cellule de commutation d'un même étage ;
- les moyens de traitement sont adaptés pour délivrer une pluralité de signaux secondaires de référence dont la somme des valeurs à chaque instant est proportionnelle à la valeur du signal de référence, chaque signal secondaire de référence d'un étage situé, du côté de la source de tension, entre deux niveaux de potentiel donnés étant à chaque instant de valeur supérieure à la valeur d'un signal secondaire de référence d'un étage situé, du côté de la source de tension, entre deux niveaux de potentiel supérieurs ;

- le dispositif comporte deux étages ;
- la partie du dispositif située entre les deux condensateurs les plus proches de la source de courant et la source de courant comporte deux composants formant interrupteurs connectés en série sur chacun des premier et dernier groupes et deux diodes connectées d'une part en un point situé entre lesdits deux condensateurs et d'autre part en un point situé entre lesdits deux composants des premier et dernier groupes respectivement ;
- chaque étage comporte deux cellules de commutation ; et
- chaque étage comporte trois cellules de commutation.

10 L'invention sera mieux comprise à l'aide de la description qui va suivre, donnée uniquement à titre d'exemple et faite en se référant aux dessins annexés sur lesquels :

- la figure 1 est un schéma électrique de principe d'un dispositif de conversion selon l'invention dans le cas le plus général, dans lequel aucun ensemble de commande n'est représenté ;
- la figure 2 est un schéma électrique de principe d'un dispositif de conversion selon l'invention dans le cas où il comporte deux étages et deux cellules par étage, détaillant en outre un ensemble de commande de ce dispositif ;
- la figure 3 est un schéma électrique détaillant un mode de réalisation des cellules de commutation du dispositif de conversion représenté à la figure 2 ;
- la figure 4 représente l'allure des signaux de référence d'un ensemble de commande du dispositif de conversion représenté à la figure 2 ;
- la figure 5 représente l'allure des signaux en entrée et en sortie d'un premier dispositif de commande du dispositif de conversion représenté à la figure 2 ;
- la figure 6 représente l'allure des signaux en entrée et en sortie d'un deuxième dispositif de commande du dispositif de conversion représenté à la figure 2 ;
- la figure 7 représente l'allure des signaux en entrée et en sortie d'un troisième dispositif de commande du dispositif de conversion représenté à la figure 2 ;

- la figure 8 représente l'allure des signaux en entrée et en sortie d'un quatrième dispositif de commande du dispositif de conversion représenté à la figure 2 ;
- la figure 9 représente l'allure des courants circulant à travers deux condensateurs de premier et deuxième étages respectifs, du dispositif de conversion représenté à la figure 2 ;
- la figure 10 représente l'allure de la tension normalisée de sortie du dispositif de conversion représenté à la figure 2 ; et
- la figure 11 est un schéma électrique d'un dispositif de conversion à deux étages et deux cellules par étage, selon un autre mode de réalisation possible de l'invention.

Le dispositif de conversion réversible d'énergie électrique représenté à la figure 1 comporte une source de tension 2 continue assurant une différence de potentiel de valeur E entre ses bornes et une source de courant 4 délivrant un courant I continu ou alternatif selon l'application envisagée.

Ainsi, par exemple, lorsque la source de courant délivre un courant alternatif symétrique, le dispositif de conversion correspond à un onduleur de tension ou, compte tenu de la réversibilité, à un redresseur de courant. Dans la suite de la description, on se placera toujours dans ce cas particulier.

La source de tension est constituée de n sources de tension secondaires  $6_1, \dots, 6_n$ , connectées en série et définissant, chacune entre ses bornes, n étages  $8_1, \dots, 8_n$  successifs. Une source secondaire quelconque  $6_i$  est par exemple constituée d'un condensateur et maintient une tension partielle  $\frac{E}{n}$  entre ses bornes. Dans la suite, les étages sont numérotés dans l'ordre croissant des niveaux de potentiel auxquels ils sont raccordés du côté de la source de tension.

Chaque étage  $8_i$  comporte p cellules de commutation  $10_{i1}, \dots, 10_{ip}$ . Chaque cellule de commutation  $10_{ik}$  est constituée de deux interrupteurs  $12_{ik}$  et  $14_{ik}$  maintenus à des états opposés par un dispositif de commande  $16_{ik}$  de leurs commutations connecté à la cellule  $10_{ik}$ . Les dispositifs de commande font partie d'un ensemble de commande qui sera détaillé lors de la description de la figure 2.

Les n étages définissent ainsi n+1 groupes d'interrupteurs, chacun desdits groupes étant connecté par une extrémité à la source de courant et par

l'autre extrémité à l'un des  $n+1$  niveaux de potentiel de la série de sources secondaires de tension  $6_1, \dots, 6_n$ . Comme pour les étages, les groupes d'interrupteurs sont numérotés dans l'ordre croissant des niveaux de potentiel auxquels ils sont connectés du côté des sources secondaires de tension. Ainsi, le premier groupe est connecté à la borne de la source de tension 2 de potentiel le plus bas et le dernier groupe est connecté à la borne de la source de tension 2 de potentiel le plus élevé.

Le premier groupe d'interrupteurs est constitué des interrupteurs  $12_{1,1}, \dots, 12_{1,p}$ , des  $p$  cellules de commutation du premier étage, connectés en série. Le  $(n+1)$ -ème groupe d'interrupteurs est constitué des interrupteurs  $14_{n,1}, \dots, 14_{n,p}$ , des  $p$  cellules de commutation du  $n$ -ème étage, connectés en série. Le  $i$ -ème groupe d'interrupteurs, avec  $1 \leq i \leq n$ , est constitué des interrupteurs  $12_{i,1}, \dots, 12_{i,p}$ , des  $p$  cellules de commutation du  $i$ -ème étage et des interrupteurs  $14_{i-1,1}, \dots, 14_{i-1,p}$ , des  $p$  cellules de commutation du  $(i-1)$ -ème étage, connectés alternativement en série.

De la sorte, transversalement aux  $n$  étages,  $p$  rangs  $18_1, \dots, 18_p$ , sont définis, chaque rang  $18_k$  comportant  $n$  cellules de commutation, c'est-à-dire  $10_{1,k}, \dots, 10_{n,k}$ .

Entre deux rangs successifs  $18_k$  et  $18_{k+1}$ ,  $n$  condensateurs de rang  $k$ ,  $20_{1,k}, \dots, 20_{n,k}$ , sont connectés en série à raison de un par étage. Ainsi, au  $i$ -ème étage, le condensateur  $20_{i,k}$  est connecté d'une part au  $i$ -ème groupe d'interrupteurs, d'autre part au  $(i+1)$ -ème groupe d'interrupteurs. De plus, chaque condensateur est adapté pour maintenir entre ses bornes une tension de charge, fonction croissante de son rang  $k$  et représentant une fraction de la tension partielle de la source de tension secondaire de l'étage auquel il appartient. Par exemple, une répartition de ces tensions de charge proportionnelle au rang de chaque condensateur  $20_{i,k}$ ,  $E_{i,k} = \frac{kE}{pn}$ , garantit aux bornes des interrupteurs ouverts une différence de tension inférieure ou égale à  $\frac{E}{pn}$ .

Le dispositif de conversion représenté à la figure 2 est un cas particulier du dispositif décrit précédemment, dans un mode de réalisation de l'invention adapté pour une utilisation avec une source de tension continue et une source de courant alternatif de fréquence  $f_i$ . Il comporte deux étages  $8_1$  et  $8_2$  et deux rangs



18<sub>1</sub> et 18<sub>2</sub>.

E est la tension de la source de tension continue 2 qui charge deux condensateurs 6<sub>1</sub> et 6<sub>2</sub> constituant chacun une source de tension secondaire pour chaque étage, de tension partielle  $\frac{E}{2}$ . Entre les deux rangs 18<sub>1</sub> et 18<sub>2</sub>, deux

5 condensateurs 20<sub>1,1</sub> et 20<sub>2,1</sub> sont connectés en série comme décrit précédemment et sont dimensionnés pour supporter une tension de charge en fonction de leur rang ( $k = 1$ ), d'une valeur de  $E_{1,1} = E_{2,1} = \frac{E}{4}$ .

Le dispositif comporte également quatre cellules de commutation 10<sub>1,1</sub>, 10<sub>1,2</sub>, 10<sub>2,1</sub>, 10<sub>2,2</sub> commandées respectivement par quatre dispositifs de  
10 commande 16<sub>1,1</sub>, 16<sub>1,2</sub>, 16<sub>2,1</sub>, 16<sub>2,2</sub>. Ces quatre dispositifs de commande sont synchronisés et délivrent des signaux de commande logique à une fréquence F, adaptés pour assurer les commutations à des états opposés des deux interrupteurs de chaque cellule.

Dans le mode de réalisation décrit ici, la fréquence F est nettement  
15 supérieure à la fréquence  $f_i$  et est choisie pour représenter plus précisément un multiple de  $f_i$ , par souci de simplicité.

Chaque dispositif de commande comporte par exemple un comparateur dont l'état logique en sortie est le résultat de la comparaison de deux signaux, dont l'un est issu d'un module de synchronisation 22 et dont l'autre est issu d'un  
20 générateur de pilotage 24.

Le dispositif de commande 16<sub>i,k</sub> fournit donc en sortie un signal de commande  $sc_{i,k}$  dont la valeur détermine l'état de la cellule de commutation 10<sub>i,k</sub>. Ainsi, par exemple, lorsque le signal de commande  $sc_{i,k}$  vaut 1, l'interrupteur 12<sub>i,k</sub> de la cellule de commutation 10<sub>i,k</sub> est bloqué et l'interrupteur 14<sub>i,k</sub> de cette même  
25 cellule est passant. Inversement, lorsque le signal de commande  $sc_{i,k}$  vaut 0, l'interrupteur 12<sub>i,k</sub> de la cellule de commutation 10<sub>i,k</sub> est passant et l'interrupteur 14<sub>i,k</sub> de cette même cellule est bloqué. La commande simultanée des deux interrupteurs d'une même cellule à des états opposés ne sera pas davantage décrite par la suite, étant considérée comme connue de l'état de la technique.

30 Le module de synchronisation 22 comprend des moyens de génération 26 de signaux triangulaires alternatifs symétriques de fréquence F ainsi qu'un circuit retard 28, qui engendrent deux signaux  $sd_1$  et  $sd_2$  décalés d'un écart

temporel égal à  $\frac{1}{2F}$  et alimentant respectivement les dispositifs 16<sub>1,1</sub>, 16<sub>2,1</sub> de commande de premier rang, et 16<sub>1,2</sub>, 16<sub>2,2</sub> de deuxième rang.

Le générateur de pilotage 24 délivre quant à lui un signal de référence  $sr$  alternatif symétrique de fréquence  $f_i$  identique à la fréquence de la source de  
5 courant 4.

Ce signal de référence est traité en sortie du générateur de pilotage 24 par deux modules de traitement respectifs 30 et 32 de premier et deuxième étage, pour fournir respectivement en sortie, deux signaux secondaires de référence  $sr_1$  et  $sr_2$ . Ces deux signaux  $sr_1$  et  $sr_2$  alimentent respectivement les  
10 dispositifs de commande 16<sub>1,1</sub>, 16<sub>1,2</sub> de premier étage et 16<sub>2,1</sub>, 16<sub>2,2</sub> de deuxième étage.

Pour le bon fonctionnement du dispositif de conversion, les signaux  $sr_1$  et  $sr_2$  vérifient les deux relations suivantes :

$$sr_1 + sr_2 = 2sr, \quad sr_1 \geq sr_2$$

15 Les deux modules de traitement 30 et 32 permettant de fournir de tels signaux à partir du signal de référence  $sr$ , sont considérés comme classiques et ne seront donc pas détaillés par la suite.

Comme représenté à la figure 3, les interrupteurs du convertisseur sont tous de même type, c'est-à-dire bidirectionnels en courant et unidirectionnels en  
20 tension et sont constitués par des transistors IGBT associés chacun à une diode en antiparallèle. Chacun de ces transistors IGBT peut être remplacé selon les applications par un transistor bipolaire Darlington, MOST, GTO, etc.

Dans ce mode de réalisation, on remarque que les quatre interrupteurs des premier et dernier groupes sont susceptibles de supporter une tension  
25 double de celle supportée par les quatre interrupteurs du deuxième groupe. Ceci pose un problème de dimensionnement hétérogène des interrupteurs du dispositif de conversion. Pour résoudre ce problème, il est préférable de remplacer chacun des quatre interrupteurs des premier et dernier groupes par deux interrupteurs identiques montés en série et positionnés dans le même état à  
30 chaque instant, ce qui ne modifie en rien le fonctionnement du dispositif.

La figure 4 représente l'allure du signal de référence  $sr$  et des signaux secondaires de références  $sr_1$  et  $sr_2$ , dans le mode de réalisation choisi, c'est à dire pour une source de tension continue et une source de courant alternatif de

fréquence  $f_i$ .

Le signal  $sr$  est ici représenté sans unité, comme la somme d'un signal continu de valeur 0,5 et d'un signal sinusoïdal d'amplitude sensiblement inférieure à 0,5 et de fréquence  $f_i$  normalisée à 1. Le signal  $sr_1$  est alors défini par

5 la relation suivante :

$$\begin{cases} sr_1 = 2 \times sr & , & \text{si } sr \leq 0,5 \\ sr_1 = 1 & , & \text{si } sr \geq 0,5 \end{cases}$$

10 Le signal  $sr_2$  est quant à lui défini par la relation :

$$\begin{cases} sr_2 = 0 & , & \text{si } sr \leq 0,5 \\ sr_2 = 2 \times sr - 1, & , & \text{si } sr \geq 0,5 \end{cases}$$

On vérifie aisément qu'ainsi, à tout instant, les deux conditions

15  $sr_1 + sr_2 = 2sr$  et  $sr_1 \geq sr_2$  sont vérifiées.

La figure 5 représente d'une part l'allure des deux signaux  $sr_1$  et  $sd_1$  fournis en entrée du dispositif de commande 16<sub>1,1</sub> et d'autre part l'allure du signal de commande  $sc_{1,1}$  fourni en sortie du même dispositif de commande 16<sub>1,1</sub>, en fonction des signaux fournis en entrée.

20 Le signal  $sd_1$  est un signal triangulaire d'amplitude variant entre 0 et 1 et de fréquence  $F$  valant ici  $20f_i$ . Le signal  $sc_{1,1}$  résultant est un signal en créneau, de valeur nulle lorsque la relation  $sd_1 > sr_1$  est vérifiée et de valeur unité lorsque la relation  $sd_1 < sr_1$  est vérifiée.

La figure 6 représente d'une part l'allure des deux signaux  $sr_1$  et  $sd_2$

25 fournis en entrée du dispositif de commande 16<sub>1,2</sub> et d'autre part l'allure du signal de commande  $sc_{1,2}$  fourni en sortie du même dispositif de commande 16<sub>1,2</sub>, en fonction des signaux fournis en entrée.

Le signal  $sd_2$  est un signal triangulaire d'amplitude variant entre 0 et 1 et de fréquence  $F$ , décalé d'un écart temporel égal à  $\frac{1}{2F}$  par rapport au signal  $sd_1$ .

30 Le signal  $sc_{1,2}$  est alors un signal en créneau, de valeur nulle lorsque la relation  $sd_2 > sr_1$  est vérifiée et de valeur unité lorsque la relation  $sd_2 < sr_1$  est vérifiée.

La figure 7 représente d'une part l'allure des deux signaux  $sr_2$  et  $sd_1$  fournis en entrée du dispositif de commande 16<sub>2,1</sub> et d'autre part l'allure du signal

de commande  $sc_{2,1}$  fourni en sortie du même dispositif de commande  $16_{2,1}$ , en fonction des signaux fournis en entrée.

Le signal  $sc_{1,1}$  est alors un signal en créneau, de valeur nulle lorsque la relation  $sd_1 > sr_2$  est vérifiée et de valeur unité lorsque la relation  $sd_1 < sr_2$  est vérifiée.

La figure 8 représente d'une part l'allure des deux signaux  $sr_2$  et  $sd_2$  fournis en entrée du dispositif de commande  $16_{2,2}$  et d'autre part l'allure du signal de commande  $sc_{2,2}$  fourni en sortie du même dispositif de commande  $16_{2,2}$ , en fonction des signaux fournis en entrée.

Le signal  $sc_{2,2}$  est alors un signal en créneau, de valeur nulle lorsque la relation  $sd_2 > sr_2$  est vérifiée et de valeur unité lorsque la relation  $sd_2 < sr_2$  est vérifiée.

La figure 9 présente l'allure des courants  $i_{1,1}$  et  $i_{2,1}$  qui traversent respectivement les deux condensateurs  $20_{1,1}$  et  $20_{2,1}$ .

La valeur de ces courants est directement liée à la synchronisation des dispositifs de commande, telle que décrite précédemment, et est ainsi contrôlée pour présenter une valeur moyenne nulle sur une période  $\frac{1}{F}$ , de façon à assurer une tension moyenne constante de  $\frac{E}{4}$  aux bornes des condensateurs  $20_{1,1}$  et  $20_{2,1}$ .

La figure 10 présente l'allure de la tension normalisée de sortie  $V_s$  du dispositif de conversion. Celle-ci est mesurée entre le niveau de potentiel le plus bas de la source de tension 2 et la borne de la source de courant 4 connectée au dispositif de conversion d'énergie.

La tension de sortie possède une ondulation de fréquence  $2F$  et d'amplitude  $\frac{E}{4}$  : ces deux conditions facilitent le filtrage de cette tension.

Un dispositif de conversion d'énergie à deux rangs et deux étages selon un autre mode de réalisation possible de l'invention est représenté à la figure 11.

Les interrupteurs des premier et troisième groupes comportent chacun deux composants formant interrupteurs. Par contre, le groupe intermédiaire d'interrupteurs n'apparaît que dans le second rang. Dans le premier rang  $18_1$ , une première diode 34 est connectée, d'une part à un point situé entre les deux

composants 38 et 40 du premier groupe et du premier rang, et d'autre part à un point situé entre les deux condensateurs  $20_{1,1}$  et  $20_{2,1}$ .

De même, une seconde diode 36 est connectée, d'une part au point situé entre les deux condensateurs  $20_{1,1}$  et  $20_{2,1}$ , et d'autre part à un point situé entre  
5 les deux composants 42 et 44 du troisième groupe et du premier rang.

Ce mode de réalisation comporte un ensemble de commande sensiblement différent de l'ensemble de commande décrit précédemment, en ce qui concerne la commande du premier rang  $18_1$ . Mais ce nouvel ensemble de commande peut être déduit de façon classique de celui précédemment décrit à la  
10 figure 2 à l'aide d'une simple combinaison des dispositifs de commande  $16_{1,1}$  et  $16_{2,1}$  des cellules de commutation du premier rang  $18_1$ .

Pour le bon fonctionnement du dispositif, le composant 38 situé sur le premier groupe, entre le condensateur  $20_{1,1}$  et la diode 34, reçoit en entrée un signal de commande égal à  $\overline{sc_{1,1}}$ , complément à 1 du signal  $sc_{1,1}$ , où  $sc_{1,1}$  est le  
15 signal représenté à la figure 5.

Le composant 40 situé sur le premier groupe, entre la diode 34 et la source de courant 4, reçoit en entrée un signal de commande égal à  $(\overline{sc_{1,1}} + \overline{sc_{2,1}})$ , où  $sc_{2,1}$  est le signal représenté à la figure 7 et où le symbole "+" représente l'opération logique "ou".

20 Le composant 42, situé sur le troisième groupe, entre le condensateur  $20_{2,1}$  et la diode 36, reçoit en entrée un signal de commande égal à  $sc_{2,1}$ .

Le composant 44, situé sur le troisième groupe, entre la diode 36 et la source de courant 4, reçoit en entrée un signal de commande égal à  $(sc_{1,1} + sc_{2,1})$ .

De la sorte, il y a équivalence entre ce dispositif de conversion et celui  
25 représenté à la figure 3, leur fonctionnement étant identique pour toutes les configurations possibles des signaux de commande  $sc_{1,1}$  et  $sc_{2,1}$  du premier rang  $18_1$ .

En effet, pour le dispositif de conversion représenté à la figure 3, lorsque  $sc_{1,1}=0$  et  $sc_{2,1}=0$ , l'interrupteur  $12_{1,1}$  est passant, l'interrupteur  $14_{1,1}$  est bloqué,  
30 l'interrupteur  $12_{2,1}$  est passant et l'interrupteur  $14_{2,1}$  est bloqué. Ainsi, dans le premier rang  $18_1$ , le courant circule à travers le premier groupe d'interrupteurs, reliant directement la source de courant 4 à la borne de potentiel inférieur du condensateur  $20_{1,1}$ .

Pour le dispositif de conversion représenté à la figure 11, lorsque  $sc_{1,1}=0$  et  $sc_{2,1}=0$ ,  $\overline{sc_{1,1}}=1$  donc l'interrupteur 38 est passant,  $\overline{sc_{1,1}}+\overline{sc_{2,1}}=1$  donc l'interrupteur 40 est passant,  $sc_{2,1}=0$  donc l'interrupteur 42 est bloqué et  $sc_{1,1}+sc_{2,1}=0$  donc l'interrupteur 44 est bloqué. Ainsi, de même que dans le cas  
 5 précédent, la borne de niveau de potentiel inférieur du condensateur  $20_{1,1}$  est reliée directement à la source de courant 4 et le courant circule entre ces deux bornes.

On remarque que le courant effectue le même trajet à travers les deux dispositifs de conversion d'énergie représentés aux figures 3 et 11, lorsque  
 10  $sc_{1,1}=1$  et  $sc_{2,1}=1$ .

On remarque aussi que la configuration  $sc_{1,1}=0$  et  $sc_{2,1}=1$  est une configuration impossible, puisqu'elle met les deux condensateurs  $20_{1,1}$  et  $20_{2,1}$  des dispositifs de conversion d'énergie des figures 3 et 11 en court-circuit.

Enfin, pour le dispositif de conversion d'énergie représenté à la figure 3,  
 15 lorsque  $sc_{1,1}=1$  et  $sc_{2,1}=0$ , l'interrupteur  $12_{1,1}$  est bloqué, l'interrupteur  $14_{1,1}$  est passant, l'interrupteur  $12_{2,1}$  est passant et l'interrupteur  $14_{2,1}$  est bloqué. Ainsi, le courant circule à travers le deuxième groupe dans le premier rang  $18_1$ , reliant directement le point situé entre les deux condensateurs  $20_{1,1}$  et  $20_{2,1}$  et la source de courant 4.

Pour le dispositif de conversion représenté à la figure 11, lorsque  $sc_{1,1}=1$  et  $sc_{2,1}=0$ ,  $\overline{sc_{1,1}}=0$  donc l'interrupteur 38 est bloqué,  $\overline{sc_{1,1}}+\overline{sc_{2,1}}=1$  donc l'interrupteur 40 est passant,  $sc_{1,1}+sc_{2,1}=1$  donc l'interrupteur 44 est passant et  
 20  $sc_{2,1}=0$  donc l'interrupteur 42 est bloqué. Ainsi, comme précédemment, dans le premier rang  $18_1$  le courant circule entre le point situé entre les deux condensateurs  $20_{1,1}$  et  $20_{2,1}$  et la source de courant 4. Par contre, son trajet est légèrement différent du trajet suivi par le courant dans le dispositif représenté à la figure 3, puisqu'il passe à travers la diode 36 et l'interrupteur 44, lorsqu'il circule  
 25 du point situé entre les deux condensateurs  $20_{1,1}$  et  $20_{2,1}$  vers la source de courant 4 et à travers l'interrupteur fermé 40 et la diode 34, lorsqu'il circule de la source de courant 4 vers le point situé entre les deux condensateurs  $20_{1,1}$  et  $20_{2,1}$ .  
 30

Cette dernière configuration montre que l'analogie entre les deux dispositifs n'est possible que parce qu'ils ne diffèrent que par leur premier rang  $18_1$  pour lequel il n'existe pas de condensateur entre l'interrupteur  $14_{2,1}$  (ou

l'interrupteur  $12_{1,1}$ ) et la source de courant.

Ainsi, ce mode de réalisation permet de réduire davantage le volume et surtout le coût du dispositif de conversion, mais l'amélioration ne peut être apportée que sur le premier rang  $18_1$ .

5 Il apparaît clairement qu'un dispositif de conversion d'énergie électrique selon l'invention comporte l'avantage de présenter un encombrement moins important que les dispositifs multicellulaires classiques, ce qui étend son domaine d'utilisation vers des niveaux de tension encore plus élevés.

En effet, un dispositif classique à  $N=np$  cellules, nécessite  $np-1$   
10 condensateurs devant être dimensionnés pour supporter jusqu'à  $\frac{(np-1)E}{np}$ . Au contraire, un dispositif selon l'invention à  $N=np$  cellules ( $n$  étages,  $p$  rangs), nécessite  $n(p-1) = np-n$  condensateurs dimensionnés pour supporter une tension ne pouvant pas dépasser  $\frac{(p-1)E}{n}$ , ce qui est nettement inférieur à la charge évoquée dans le cas précédent.

15 Par conséquent, un dispositif selon l'invention est de volume et donc de prix inférieur à un dispositif classique, à performance équivalente.

On notera que l'invention n'est pas limitée au mode de réalisation décrit.

Ainsi, en variante les interrupteurs des groupes intermédiaires d'indice  $i$ , avec  $1 < i \leq n$  ne sont pas nécessairement connectés en série alternée comme  
20 décrit dans le mode de réalisation choisi. Les interrupteurs  $12_{i,k}$  et  $14_{i-1,k}$  du  $i$ -ème groupe intermédiaire et du  $k$ -ème rang peuvent être connectés en parallèle. Dans ce cas, les interrupteurs considérés doivent être bidirectionnels en tension et unidirectionnels en courant.

En variante également, la fréquence  $F$  n'est pas un multiple de  $f_i$  et peut  
25 même être choisie sensiblement égale à  $f_i$  pour certaines applications.

## REVENDICATIONS

1. Dispositif de conversion réversible d'énergie électrique, entre une source de tension (2) continue et une source de courant (4), comprenant d'une part des cellules de commutation ( $10_{i,k}$ ) comportant chacune deux interrupteurs ( $12_{i,k}$ ,  $14_{i,k}$ ), chacun étant lui-même constitué d'au moins un composant formant interrupteur, d'autre part des condensateurs ( $20_{i,k}$ ) associés aux cellules ( $10_{i,k}$ ) de commutation et adaptés pour maintenir entre les bornes homologues des deux interrupteurs de chaque cellule une tension de charge égale à une fraction de la tension de la source de tension (2), décroissante en fonction de leur rang à partir de la source de tension (2) et les bornes homologues des interrupteurs situées à l'extrémité du dispositif proche de la source de courant (4) étant "court-circuitables", en outre des dispositifs de commande ( $16_{i,k}$ ) connectés chacun à une cellule de commutation ( $10_{i,k}$ ) et adaptés pour commander les commutations des deux interrupteurs ( $12_{i,k}$ ,  $14_{i,k}$ ) de la cellule en leur assurant des états opposés, ainsi que des moyens de pilotage (22, 24, 30, 32) des dispositifs de commande adaptés pour la fourniture d'un signal de référence adapté à la conversion souhaitée, caractérisé en ce qu'il comporte au moins deux étages ( $8_i$ ) montés en parallèle comportant chacun au moins deux cellules ( $10_{i,1}$ , ...  $10_{i,p}$ ) et au moins un condensateur ( $20_{i,1}$ , ...  $20_{i,p-1}$ ), lesdits étages définissant deux groupes extrêmes d'interrupteurs et au moins un groupe intermédiaire d'interrupteurs commun à deux étages successifs, les deux groupes extrêmes comprenant chacun des interrupteurs de chaque cellule appartenant respectivement au premier et au dernier étage connectés en série, le groupe intermédiaire comprenant des paires d'interrupteurs ( $12_{i,k}$ ,  $14_{i-1,k}$ ) de cellules appartenant à deux étages voisins connectées en série, et en ce que les condensateurs ( $20_{i,k}$ , ...,  $20_{n,k}$ ) de même rang ( $18_k$ ) sont connectés transversalement en série entre les deux groupes extrêmes.

2. Dispositif de conversion réversible d'énergie électrique selon la revendication 1, caractérisé en ce que le groupe intermédiaire comprend des interrupteurs ( $12_{i,k}$ ,  $14_{i,k}$ ), connectés en série, de cellules appartenant alternativement à deux étages voisins, lesdits interrupteurs étant unidirectionnels en tension et bidirectionnels en courant.



3. Dispositif de conversion réversible d'énergie électrique selon la revendication 1, caractérisé en ce que les deux interrupteurs ( $12_{i,k}$ ,  $14_{i+1,k}$ ) de chacune desdites paires sont connectés en parallèle et en ce qu'ils sont bidirectionnels en tension et unidirectionnels en courant.

5           4. Dispositif de conversion réversible d'énergie électrique selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que les composants formant interrupteurs ( $12_{i,k}$ ,  $14_{i,k}$ ) sont tous identiques et en ce que chaque interrupteur est constitué de composants connectés en série dont le nombre est fonction de la tension maximale applicable entre ses bornes.

10           5. Dispositif de conversion réversible d'énergie électrique selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que les moyens de pilotage (22, 24, 30, 32) comportent des moyens de traitement (30, 32) du signal de référence pour délivrer en sortie une pluralité de signaux secondaires de référence, et des moyens de transmission de chaque signal secondaire de référence à tous les  
15 dispositifs de commande de cellule de commutation d'un même étage.

          6. Dispositif de conversion réversible d'énergie électrique selon la revendication 5, caractérisé en ce que les moyens de traitement (30, 32) sont adaptés pour délivrer une pluralité de signaux secondaires de référence dont la somme des valeurs à chaque instant est proportionnelle à la valeur du signal de  
20 référence, chaque signal secondaire de référence d'un étage situé, du côté de la source de tension (2), entre deux niveaux de potentiel donnés étant à chaque instant de valeur supérieure à la valeur d'un signal secondaire de référence d'un étage situé, du côté de la source de tension (2), entre deux niveaux de potentiel supérieurs.

25           7. Dispositif de conversion réversible d'énergie électrique selon l'une des revendications 1 à 6, caractérisé en ce qu'il comporte deux étages ( $8_1$ ,  $8_2$ ).

          8. Dispositif de conversion réversible d'énergie électrique selon la revendication 7, caractérisé en ce que la partie du dispositif située entre les deux condensateurs ( $20_{1,1}$ ,  $20_{2,1}$ ) les plus proches de la source de courant (4) et la  
30 source de courant (4) comporte deux composants formant interrupteurs (38, 40, 42, 44) connectés en série sur chacun des premier et dernier groupes et deux diodes (34, 36) connectées d'une part en un point situé entre lesdits deux

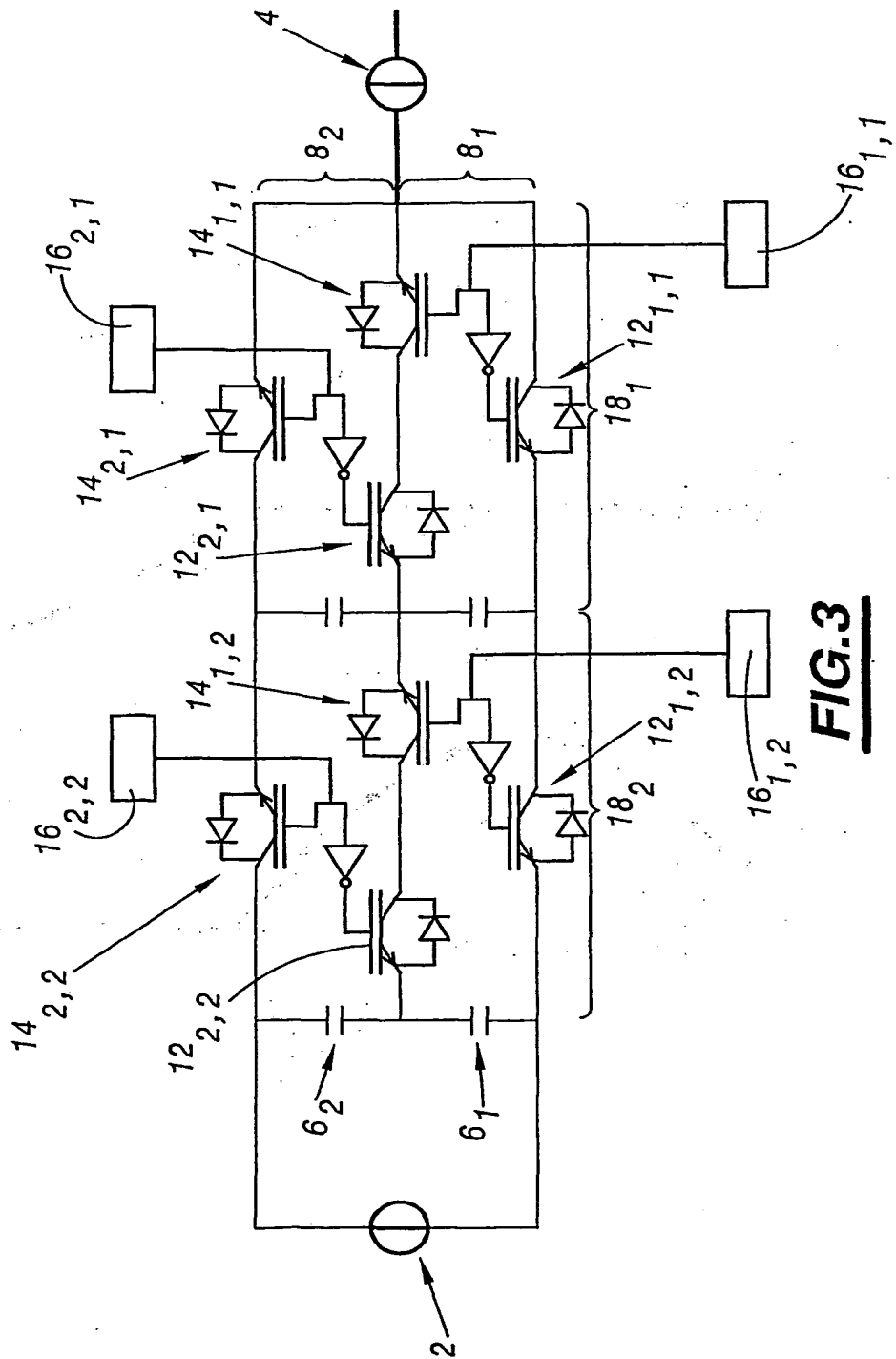
condensateurs et d'autre part en un point situé entre lesdits deux composants des premier et dernier groupes respectivement.

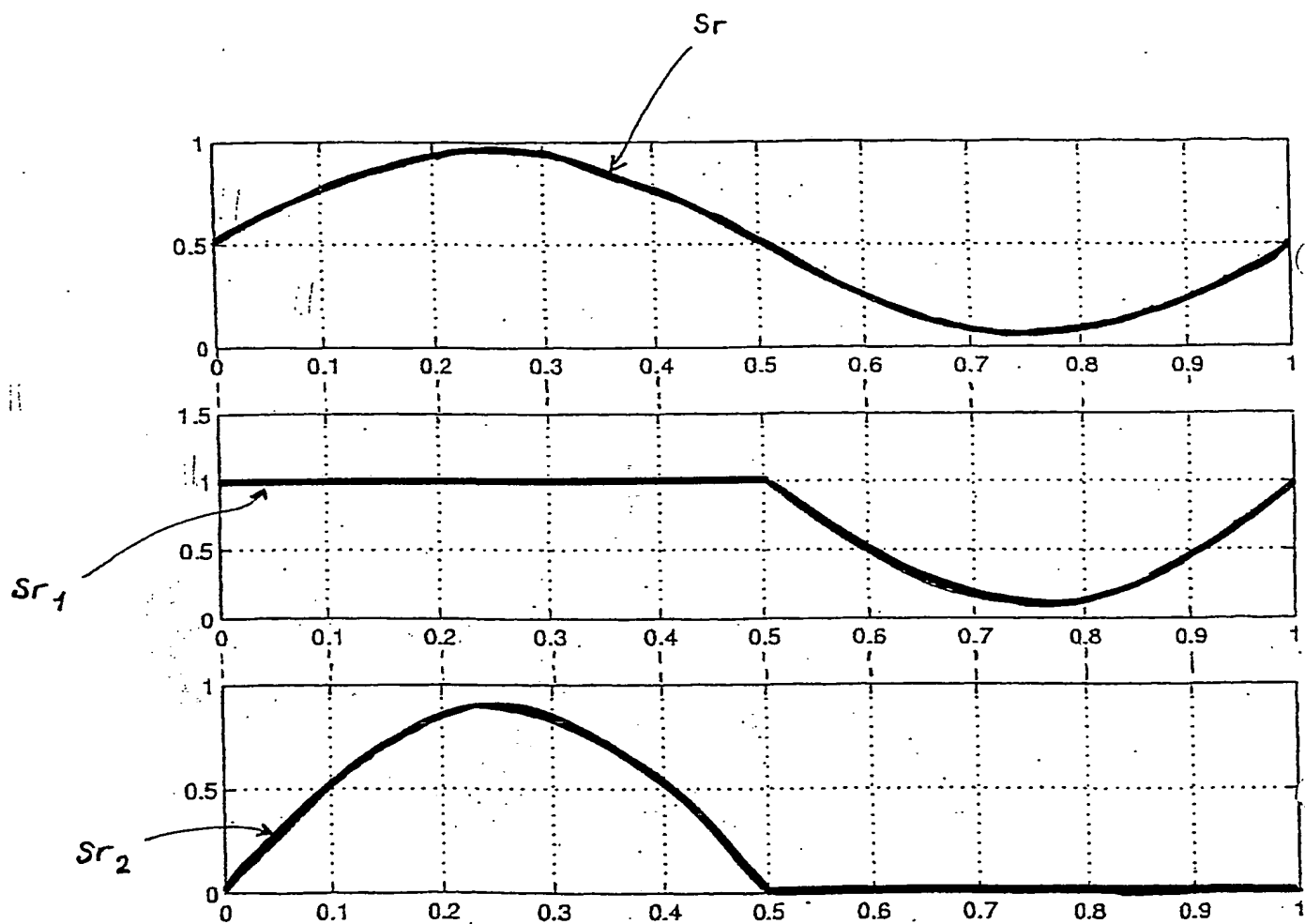
9. Dispositif de conversion réversible d'énergie électrique selon la revendication 7 ou 8, caractérisé en ce que chaque étage ( $8_1$ ,  $8_2$ ) comporte deux
- 5 cellules de commutation.

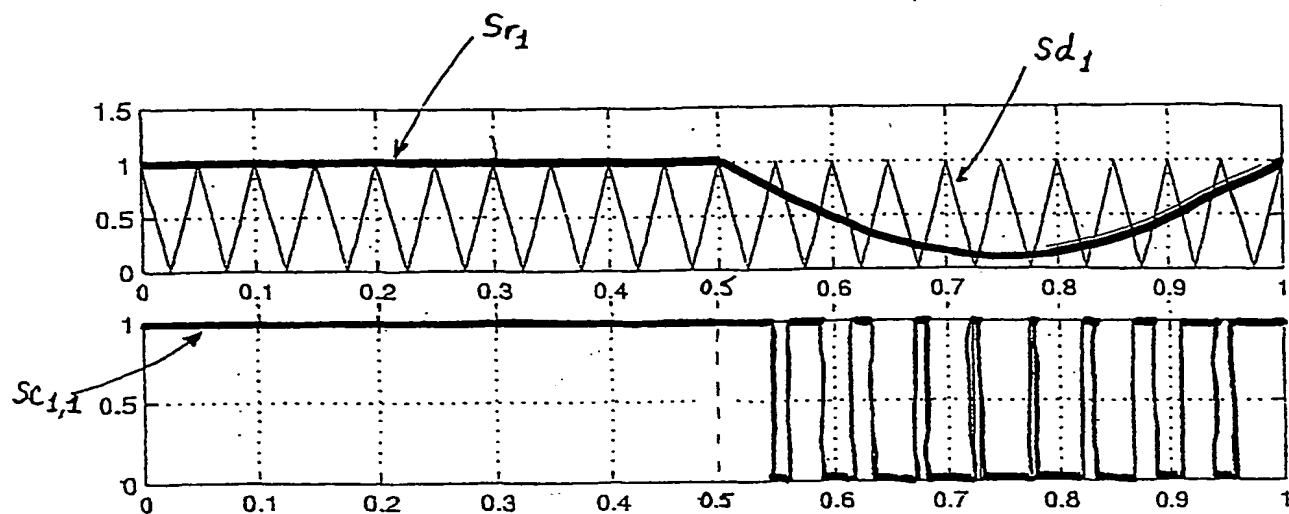
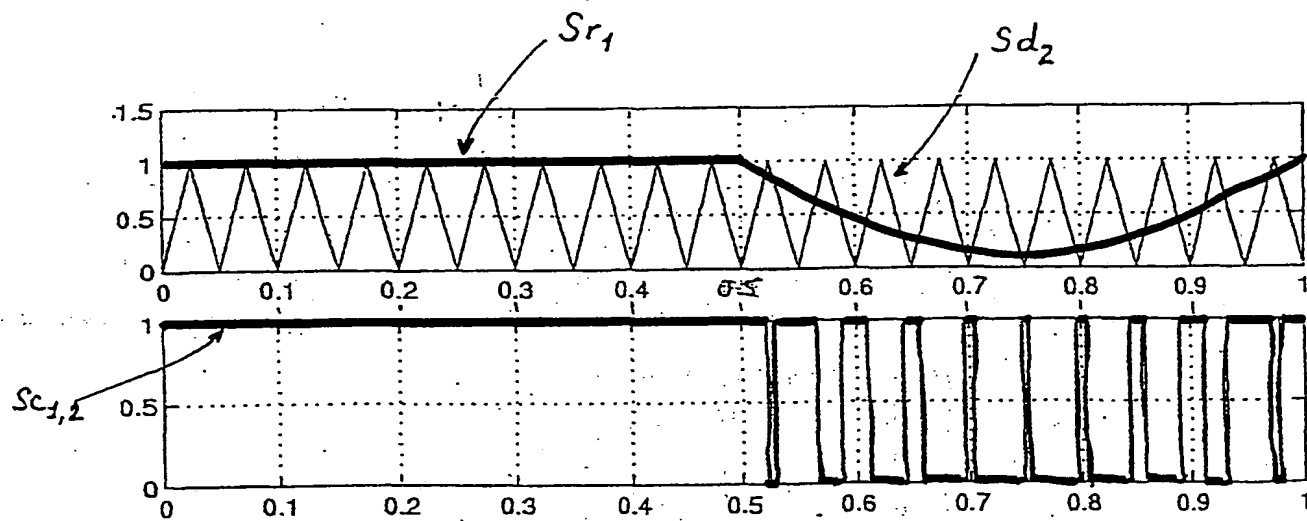
10. Dispositif de conversion réversible d'énergie électrique selon la revendication 7 ou 8, caractérisé en ce que chaque étage ( $8_1$ ,  $8_2$ ) comporte trois cellules de commutation.

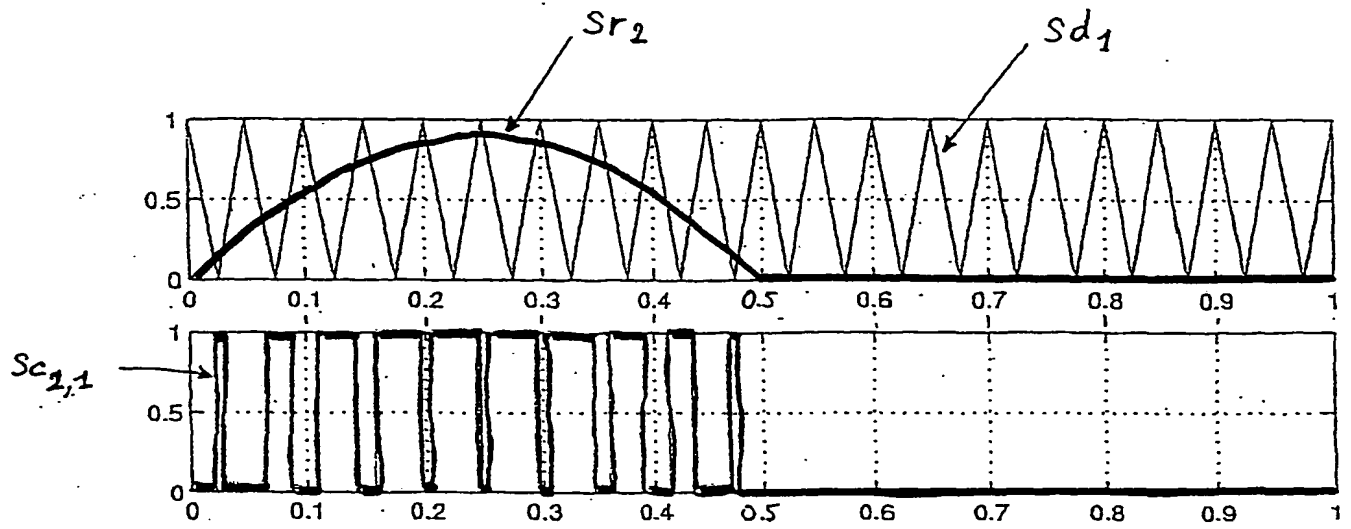
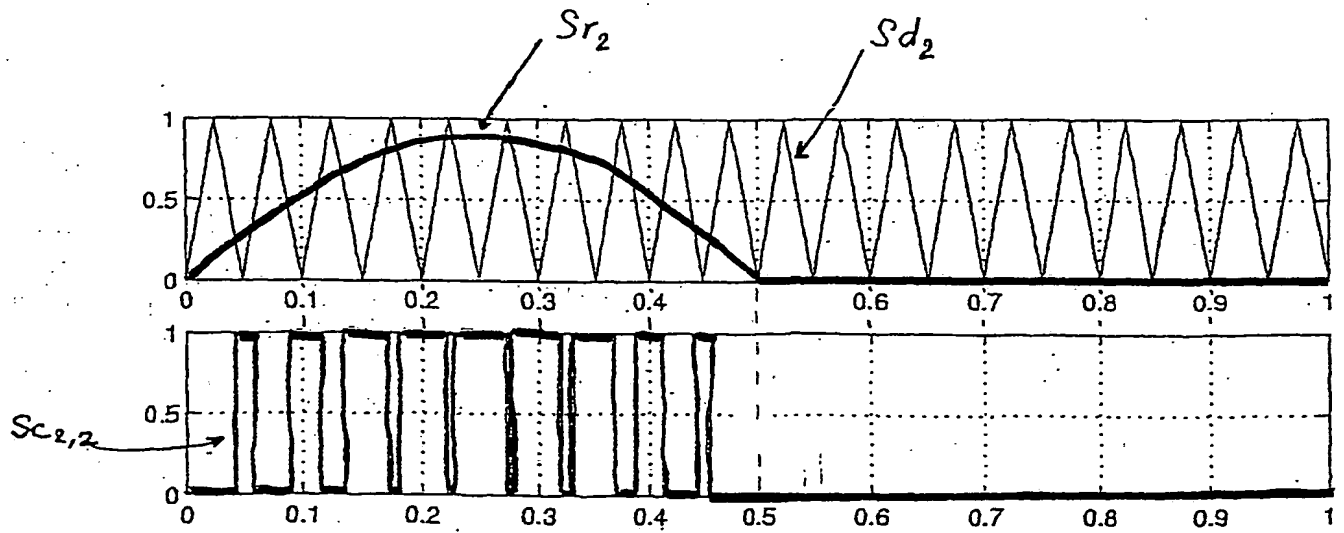






FIG.4

FIG. 5FIG. 6

FIG. 7FIG. 8



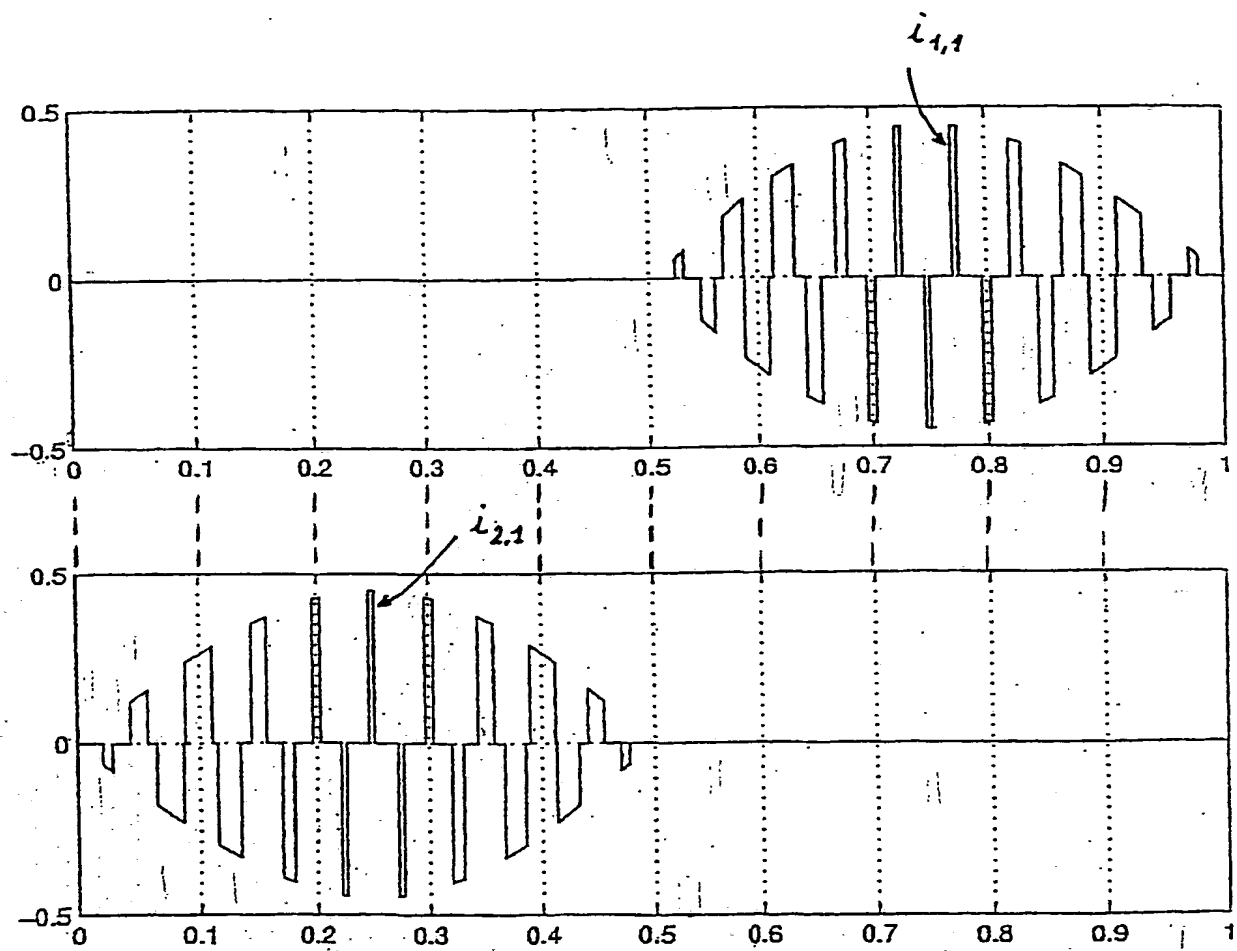


FIG. 9

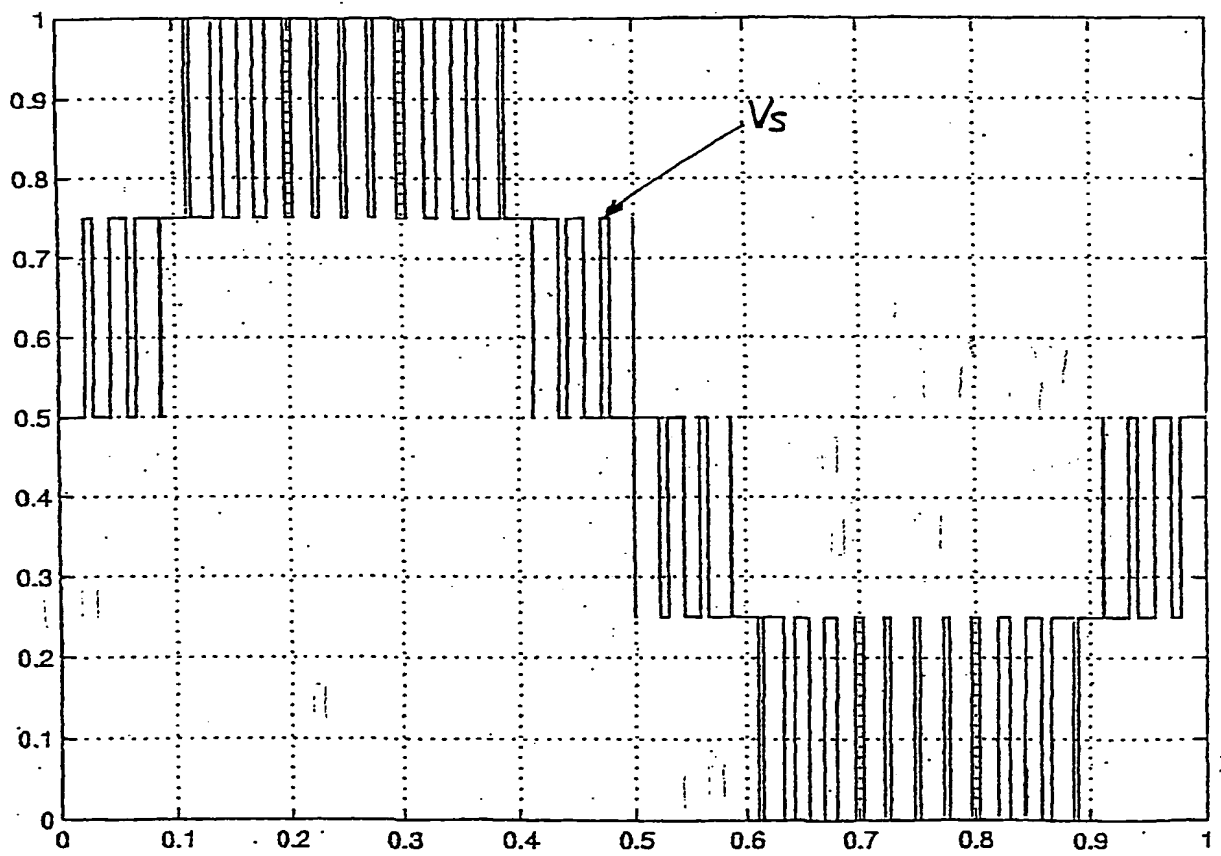
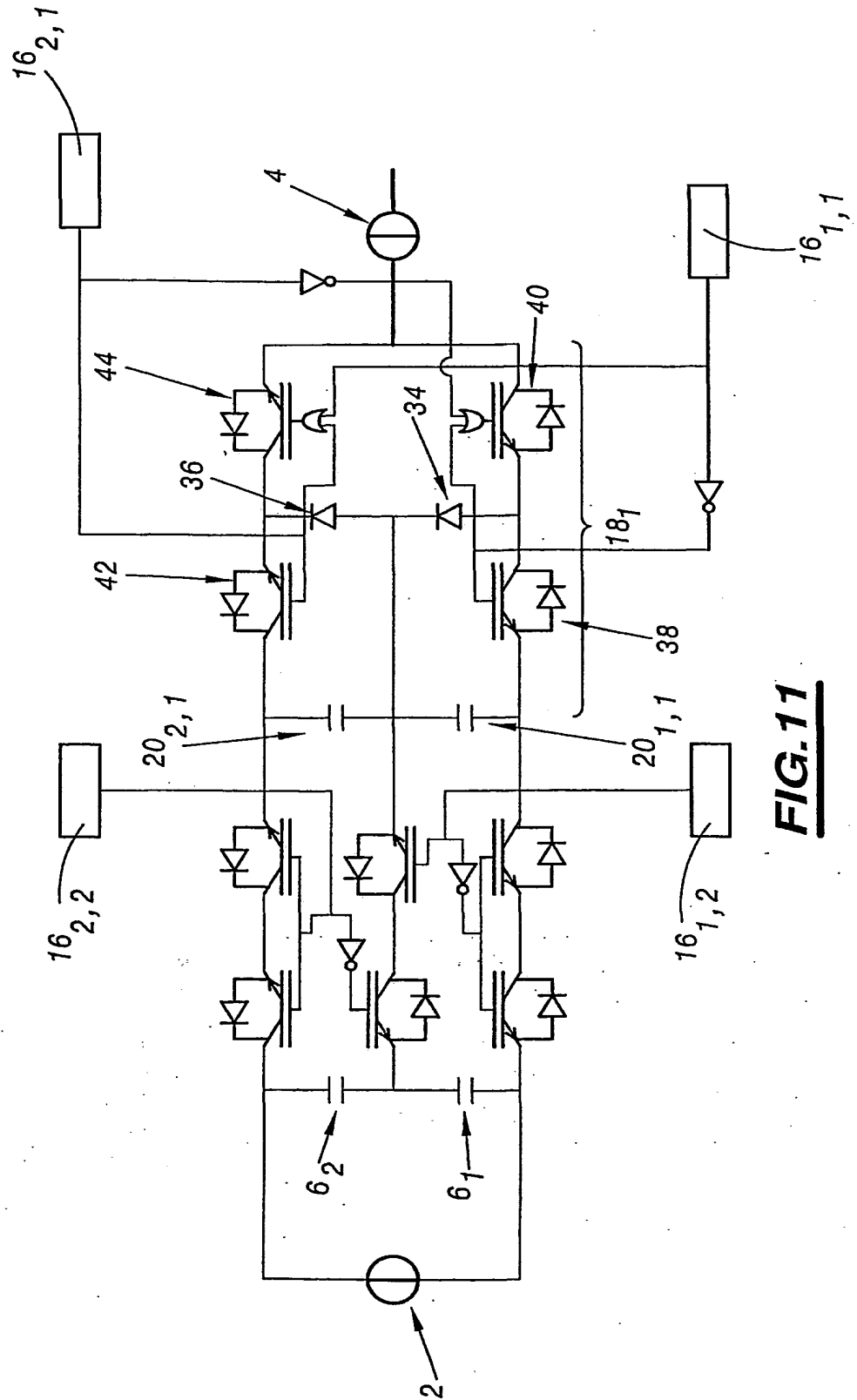


FIG. 10

**FIG. 11**

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/FR 01/01613

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 H02M7/48

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 H02M

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 5 737 201 A (THIERRY MEYNARD) 7 April 1998 (1998-04-07) cited in the application the whole document	1
A	US 3 596 369 A (JACK A. DICKERSON ET AL.) 3 August 1971 (1971-08-03) abstract figures 1,5,6	1
A	EP 0 944 163 A (ALSTHOM) 22 September 1999 (1999-09-22) abstract figures 1-3 column 2, line 16 - line 67	1

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.☒ Patent family members are listed in annex

## \* Special categories of cited documents:

\*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

\*E\* earlier document but published on or after the international filing date

\*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

\*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

\*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

\*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

\*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

\*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

\*Z\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

6 August 2001

Date of mailing of the international search report

14/08/2001

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Lund, M

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/FR 01/01613

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 4 175 249 A (ROBERT P. GRUBER) 20 November 1979 (1979-11-20) abstract figures 3,4 -----	1

Form PCT/ISA/210 (continuation of second sheet) (July 1992)

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/FR 01/01613

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 5737201 A	07-04-1998	CA 2078796 A	23-03-1994
		FR 2679715 A	29-01-1993
		AT 129104 T	15-10-1995
		DE 69205413 D	16-11-1995
		EP 0555432 A	18-08-1993
		WO 9302501 A	04-02-1993
		JP 6503224 T	07-04-1994
		DE 69205413 T	13-06-1996
		ES 2081123 T	16-02-1996
US 3596369 A	03-08-1971	BE 757746 A	01-04-1971
		CH 519821 A	29-02-1972
		DE 2063314 A	12-08-1971
		ES 385999 A	16-11-1973
		FR 207196 A	
		FR 2071965 A	24-09-1971
		GB 1315020 A	26-04-1973
		JP 49049461 B	27-12-1974
		NL 7018545 A	24-06-1971
		SE 366177 B	08-04-1974
EP 944163 A	22-09-1999	FR 2776142 A	17-09-1999
		US 6040990 A	21-03-2000
US 4175249 A	20-11-1979	NONE	

Form PCT/ISA/210 (patent family annex) (July 1992)

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande Internationale No  
PCT/FR 01/01613

**A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE**  
CIB 7 H02M7/48

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

**B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE**

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)  
CIB 7 H02M

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés)  
EPO-Internal, WPI Data, PAJ

**C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS**

Catégorie *	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	US 5 737 201 A (THIERRY MEYNARD) 7 avril 1998 (1998-04-07) cité dans la demande le document en entier ---	1
A	US 3 596 369 A (JACK A. DICKERSON ET AL.) 3 août 1971 (1971-08-03) abrégé figures 1,5,6 ---	1
A	EP 0 944 163 A (ALSTHOM) 22 septembre 1999 (1999-09-22) abrégé figures 1-3 colonne 2, ligne 16 - ligne 67 --- -/-	1

☒ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

\* Catégories spéciales de documents cités:

- \*A' document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
- \*E' document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date
- \*L' document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)
- \*O' document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens
- \*P' document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

- \*T' document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention
- \*X' document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément
- \*Y' document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier
- \*& document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

6 août 2001

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

14/08/2001

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale

Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Lund, M

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande Internationale No

PCT/FR 01/01613

## C.(suite) DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	<p>US 4 175 249 A (ROBERT P. GRUBER)  20 novembre 1979 (1979-11-20)  abrégé  figures 3,4</p>	1

Formulaire PCT/ISA/210 (suite de la deuxième feuille) (juillet 1992)



# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande Internationale No

PCT/FR 01/01613

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 5737201 A	07-04-1998	CA 2078796 A	23-03-1994
		FR 2679715 A	29-01-1993
		AT 129104 T	15-10-1995
		DE 69205413 D	16-11-1995
		EP 0555432 A	18-08-1993
		WO 9302501 A	04-02-1993
		JP 6503224 T	07-04-1994
		DE 69205413 T	13-06-1996
		ES 2081123 T	16-02-1996
US 3596369 A	03-08-1971	BE 757746 A	01-04-1971
		CH 519821 A	29-02-1972
		DE 2063314 A	12-08-1971
		ES 385999 A	16-11-1973
		FR 207196 A	
		FR 2071965 A	24-09-1971
		GB 1315020 A	26-04-1973
		JP 49049461 B	27-12-1974
		NL 7018545 A	24-06-1971
EP 944163 A	22-09-1999	FR 2776142 A	17-09-1999
		US 6040990 A	21-03-2000
US 4175249 A	20-11-1979	AUCUN	

Formulaire PCT/ISA/210 (annexe familles de brevets) (juillet 1992)

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION  
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété  
Intellectuelle  
Bureau international



(43) Date de la publication internationale  
6 décembre 2001 (06.12.2001)

PCT

(10) Numéro de publication internationale  
**WO 01/093412 A3**

(51) Classification internationale des brevets<sup>7</sup> : H02M 7/48

(72) Inventeurs; et

(21) Numéro de la demande internationale :

PCT/FR01/01613

(75) Inventeurs/Déposants (pour US seulement) : GATEAU, Guillaume [FR/FR]; 1, ch. de l'église, F-31570 Saint Pierre de Lages (FR). MEYNARD, Thierry, Antoine [FR/FR]; 24, rue du Grand Duc, F-31240 L'Union (FR). FOCH, Henri, Simon, Jacques [FR/FR]; 78, avenue Maignan, F-31200 Toulouse (FR).

(22) Date de dépôt international : 23 mai 2001 (23.05.2001)

(25) Langue de dépôt : français

(74) Mandataire : JACOBSON, Claude; Cabinet Lavoix, 2, place d'Estienne d'Orves, F-75441 Paris Cedex 09 (FR).

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :

00/06786

26 mai 2000 (26.05.2000) FR

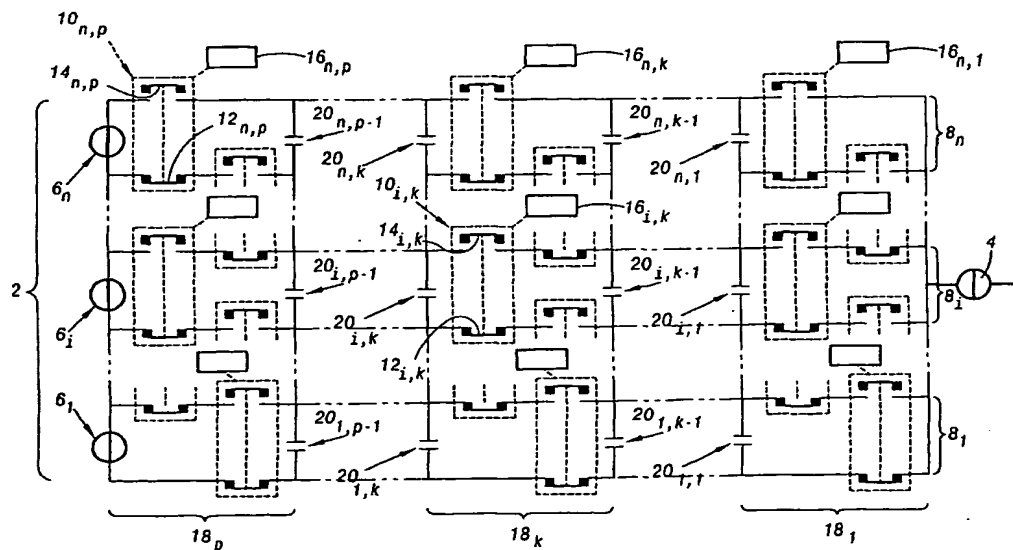
(81) États désignés (national) : AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZW.

(71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) :  
CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE (C.N.R.S.) [FR/FR]; 3, rue Michel Ange, F-75016 Paris (FR).

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: DEVICE FOR CONVERTING MULTICELL ENERGY

(54) Titre : DISPOSITIF DE CONVERSION D'ENERGIE MULTICELLULAIRE



(57) Abstract: The invention concerns a device converting electric power between a voltage source (2) and a current source (4), comprising several stages (8<sub>i</sub>) of switching cells (10<sub>i,k</sub>) comprising each two switches (12<sub>i,k</sub>, 14<sub>i,k</sub>), capacitors (20<sub>i,k</sub>) associated with the cells (10<sub>i,k</sub>) arranged in a row (18<sub>p</sub>) increasing from current source (4), control devices (16<sub>i,k</sub>) each connected to a cell (10<sub>i,k</sub>) and means for monitoring the control devices (16<sub>i,k</sub>). Said stages (8<sub>i</sub>) define two end groups and at least an intermediate group of switches, the two end groups comprising switches of each cell belonging respectively to the first and last stage connected in series, the intermediate group comprising pairs of switches (12<sub>i,k</sub>, 14<sub>i-1,k</sub>) of cells belonging to two neighbouring stages connected in series. Furthermore, the capacitors (20<sub>1,k</sub>, 20<sub>n,k</sub>) of a common row (18<sub>k</sub>) are transversely connected in series between the two end groups.

[Suite sur la page suivante]

WO 01/093412 A3



(84) États désignés (*régional*) : brevet ARIPO (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZW), brevet eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), brevet européen (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR), brevet OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

(88) Date de publication du rapport de recherche internationale:

19 septembre 2002

Publiée :

— avec rapport de recherche internationale

*En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.*

(57) **Abrégé :** Ce dispositif de conversion d'énergie électrique, entre une source de tension (2) et une source de courant (4), comporte plusieurs étages ( $8_i$ ) de cellules de commutation ( $10_{i,k}$ ) comportant chacune deux interrupteurs ( $12_{i,k}$ ,  $14_{i,k}$ ), des condensateurs ( $20_{i,k}$ ) associés aux cellules ( $10_{i,k}$ ) disposés en rang ( $18_k$ ) croissant à partir de la source de courant (4), des dispositifs de commande ( $16_{i,k}$ ) connectés chacun à une cellule ( $10_{i,k}$ ) et des moyens de pilotage des dispositifs de commande ( $16_{i,k}$ ). Ces étages ( $8_i$ ) définissent deux groupes extrêmes et au moins un groupe intermédiaire d'interrupteurs, les deux groupes extrêmes comprenant des interrupteurs de chaque cellule appartenant respectivement au premier et au dernier étage connectés en série, le groupe intermédiaire comprenant des paires d'interrupteurs ( $12_{i,k}$ ,  $14_{i-1,k}$ ) de cellules appartenant à deux étages voisins connectés en série. En outre, les condensateurs ( $20_{1,k}$ , ...,  $20_{n,k}$ ) de même rang ( $18_k$ ) sont connectés transversalement en série entre les deux groupes extrêmes.

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
IPC 7 H02M7/48

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
IPC 7 H02M

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 5 737 201 A (THIERRY MEYNARD) 7 April 1998 (1998-04-07) cited in the application the whole document ---	1
A	US 3 596 369 A (JACK A. DICKERSON ET AL.) 3 August 1971 (1971-08-03) abstract figures 1,5,6 ---	1
A	EP 0 944 163 A (ALSTHOM) 22 September 1999 (1999-09-22) abstract figures 1-3 column 2, line 16 - line 67 --- -/--	1

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.☒ Patent family members are listed in annex.

## ° Special categories of cited documents:

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- \*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- \*G\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

6 August 2001

Date of mailing of the international search report

14/08/2001

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Lund, M

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/FR 01/01613

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 4 175 249 A (ROBERT P. GRUBER) 20 November 1979 (1979-11-20) abstract figures 3,4 -----	1

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/FR 01/01613

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 5737201	A	07-04-1998	CA 2078796	A 23-03-1994
			FR 2679715	A 29-01-1993
			AT 129104	T 15-10-1995
			DE 69205413	D 16-11-1995
			EP 0555432	A 18-08-1993
			WO 9302501	A 04-02-1993
			JP 6503224	T 07-04-1994
			DE 69205413	T 13-06-1996
			ES 2081123	T 16-02-1996
US 3596369	A	03-08-1971	BE 757746	A 01-04-1971
			CH 519821	A 29-02-1972
			DE 2063314	A 12-08-1971
			ES 385999	A 16-11-1973
			FR 207196	A 24-09-1971
			FR 2071965	A 26-04-1973
			GB 1315020	A 27-12-1974
			JP 49049461	B 24-06-1971
			NL 7018545	A 08-04-1974
			SE 366177	B 17-09-1999
EP 944163	A	22-09-1999	FR 2776142	A 21-03-2000
			US 6040990	A
US 4175249	A	20-11-1979	NONE	

**A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE**  
CIB 7 H02M7/48

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

**B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE**

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)  
CIB 7 H02M

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés)  
EPO-Internal, WPI Data, PAJ

**C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS**

Catégorie *	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	US 5 737 201 A (THIERRY MEYNARD) 7 avril 1998 (1998-04-07) cité dans la demande le document en entier ---	1
A	US 3 596 369 A (JACK A. DICKERSON ET AL.) 3 août 1971 (1971-08-03) abrégé figures 1,5,6 ---	1
A	EP 0 944 163 A (ALSTHOM) 22 septembre 1999 (1999-09-22) abrégé figures 1-3 colonne 2, ligne 16 - ligne 67 --- -/--	1

☒ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

\* Catégories spéciales de documents cités:

- \*A\* document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
- \*E\* document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date
- \*L\* document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)
- \*O\* document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens
- \*P\* document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

\*T\* document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention

\*X\* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément

\*Y\* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier

\*&\* document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

6 août 2001

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

14/08/2001

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale  
Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Lund, M

## C.(suite) DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	US 4 175 249 A (ROBERT P. GRUBER) 20 novembre 1979 (1979-11-20) abrégé figures 3,4 -----	1



# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Donnée de Internationale No

PCT/FR 01/01613

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 5737201	A	07-04-1998	CA 2078796 A	23-03-1994
			FR 2679715 A	29-01-1993
			AT 129104 T	15-10-1995
			DE 69205413 D	16-11-1995
			EP 0555432 A	18-08-1993
			WO 9302501 A	04-02-1993
			JP 6503224 T	07-04-1994
			DE 69205413 T	13-06-1996
			ES 2081123 T	16-02-1996
US 3596369	A	03-08-1971	BE 757746 A	01-04-1971
			CH 519821 A	29-02-1972
			DE 2063314 A	12-08-1971
			ES 385999 A	16-11-1973
			FR 207196 A	
			FR 2071965 A	24-09-1971
			GB 1315020 A	26-04-1973
			JP 49049461 B	27-12-1974
			NL 7018545 A	24-06-1971
EP 944163	A	22-09-1999	FR 2776142 A	17-09-1999
			US 6040990 A	21-03-2000
US 4175249	A	20-11-1979	AUCUN	